

CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES

Volume: 03 Issue: 06 | Jun 2022 ISSN: 2660-5317
https://cajotas.centralasianstudies.org

ОПТИЧЕСКИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР

Мамасадиков Юсупжон
канд. техн. наук, доцент кафедры "Электроника и приборостроение", Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан, г. Фергана
mamasadikov52@bk.ru

Мамасадикова Зулфия Юсупжановна
Ассистент, кафедры "Электроника и приборостроение", Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан, г. Фергана

Received 24th Apr 2022, Accepted 13th May 2022, Online 22nd Jun 2022

Аннотация: В статье рассмотрена актуальная проблема газового анализа. Приведены блок-схема оптического газоанализатора. Изложен принцип действия оптического газоанализатора, который основан на двухволновый метод. Обоснован что применение данного оптического газоанализатора даёт возможность повышение температурной стабильности показаний газоанализатора за счет исключения влияния на показания различия в ходе температурных зависимостей фоточувствительности приемника излучения на разных длинах волн.

Keywords: оптоэлектроника, устройства газового анализ, концентраций атмосферных газов, излучающий диод, фотоприемник.

Введение. На современном этапе развития науки, техники и производства важная роль отводится основным средствам измерения и контроля концентрации примесей в атмосфере. Потребность в разработке новых элементов и приборов по определению концентрации примесей на основе достижений науки и техники испытывают все отрасли промышленности и быта.

Решение задачи по определению и оценки примесей в химической, нефтяной, угольной и ряде других отраслей промышленности, во многом сдерживается из-за отсутствия быстродействующих и высокочувствительных приборов.

Именно отсутствие высокочувствительных приборов в химической, угольной промышленности и повседневной жизни, зачастую приводит к различным экологическим катастрофам, вплоть до случаев, приводящих к гибели людей.

Анализ работы опттических устройств контроля концентрации газов в воздухе показал, что наиболее перспективными являются оптические устройства, основанные на двухволновом методе контроля.

Основными преимуществами двухволнового устройства газового анализ по сравнению с одноволновыми являются высокая точность контроля за счет исключения неинформативных параметров, таких как запыленность воздуха, влажность и содержание аэрозольных частиц на результате контроля [1-8].

Впервые метод измерения концентраций атмосферных газов, использующий избирательной поглощение газами оптического излучения, предложил Счетлэнд в 1964 г. [2,9-15].

Метод заключается в том, что информация о концентрации исследуемого газа извлекается из сравнения двух регистрируемых оптических излучений с разными длинами волн. Длина волны, один из которых лежит в максимуме спектральной полосы поглощения анализируемого газа – измерительная длина волны, а другой – в не полосы поглощения анализируемого газа – опорная длина волны. При этом на измерительном потоке излучения избирательное поглощение анализируемом газом велик, а на опорном – отсутствует. Счетлэнд данный метод назвал методом дифференциального поглощения рассеянной энергии. В литературах применяют также термин «метод двухволнового дифференциального поглощения» или просто «двухволновой метод» [13-19].

Основная часть. Блок-схема оптического газоанализатора, в котором реализован двухволновый метод приведено на рис.1.
Оптический газоанализатор работает следующим образом. Коллимированный поток светового излучения от коллимированного источника излучения 1 направляется в кювету 5, через которую прокачивается газовая смесь и частично поглощается анализируемым газовым компонентом на соответствующей измерительной длине волны.

Модуляция излучения и выделение измерительной и опорной длин волн осуществляется с помощью модулятора 3 при последовательной установке светофильтров 2 и 4 на оптической оси.

При этом согласно с законом Бугера–Ламберта–Бера прошедшие через кювету 5 потоки излучения на измерительной и опорной длинах волн Φ_{λ_1} и Φ_{λ_2} описываются выражениями [20-26]:

$$\begin{aligned} \Phi_{\lambda_1} &= \Phi_{0\lambda_1} e^{-k_1 N_1 L} \cdot e^{-k_2 N_2 L} \\ \Phi_{\lambda_2} &= \Phi_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L} \end{aligned} \qquad (1)$$

где: N_1 – концентрация газовой смеси; N_2 – концентрация определяемого газа; L – длина оптической пути в кювете; $\Phi_{0\lambda_1}$ и $\Phi_{0\lambda_2}$ – начальные потоки излучений на измерительной и опорной длинах волн соответственно; k_1 и k_2 – коэффициенты поглощения на длинах волн λ_1 и λ_2.

Прошедшие через кювету 5 потоки излучения на измерительной и опорной длинах волн Φ_{λ_1} и Φ_{λ_2} воздействуют на чувствительную площадь приемника излучений 7, которые на выходе последнего вызывает соответствующий электрический импульсный сигнал [27-29].

$$U_{\lambda_1} = k_{ФП}Ф_{0\lambda_1}e^{-k_1N_1L} \cdot e^{-k_2N_2L}$$
$$U_{\lambda_2} = k_{ФП}Ф_{0\lambda_2}e^{-k_1N_1L} \quad (2)$$

где: $k_{ФП}$ – коэффициент передачи приемника излучений.

или

$$U_{\lambda_1} = U_{0\lambda_1}e^{-k_1N_1L} \cdot e^{-k_2N_2L}$$
$$U_{\lambda_2} = U_{0\lambda_2}e^{-k_1N_1L} \quad (3)$$

где: $U_{0\lambda_1}$ и $U_{0\lambda_2}$ напряжение на выходе приемника излучений соответствующему потоком излучений $Ф_{0\lambda_1}$ и $Ф_{0\lambda_2}$ соответственно.

Электрические импульсные сигналы, соответствующие световым потокам на опорной и измерительной длинах волн, с приемника излучения поступают на входы первого и второго устройств выборки-хранения 8 и 13 опорного и рабочего каналов.

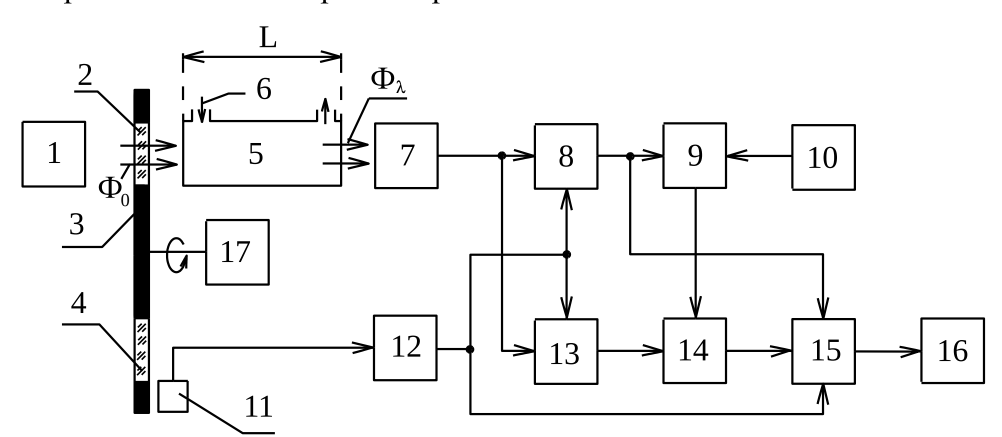


Рис.1. Блок-схема оптического газоанализатора.

Одновременно при вращении модулятора 3 в соответствии с прохождением его кодовой дорожкой зоны установки датчика 11 с него поступает последовательность импульсов, усиливающихся и приобретающих заданный вид (амплитуду и длительность) в формирователе. Сформированные импульсы синхронизации поступают на управляющие входы первого и второго устройств выборки-хранения опорного и измерительного каналов.

По этим сигналам в моменты времени, соответствующие плоскому участку вершины импульсных сигналов, снимаемых с выхода приемника излучения, происходит запись информации об амплитуде опорного и измерительного сигналов в устройств выборки-хранения соответствующего канала.

На выходах устройств выборки-хранения устанавливаются постоянные напряжения, уровни которых пропорциональны величинам световых потоков на длинах волн опорного и измерительного каналов.

С выхода устройства выборки-хранения 8 постоянное напряжение, уровень которого, пропорциональный величине амплитуды сигнала в опорном канале, поступает на информационный

вход формирователя 9 сигнала термокомпенсации, на опорный вход которого поступает опорное напряжение с выхода источника 10 опорного напряжения.

Уровень образцового напряжения подбирается таким, чтобы при комнатной температуре, например, при температуре, соответствующей средине рабочего диапазона температур, в пределах которого должен эксплуатироваться газоанализатор, на выходе формирователя 9 величина сигнала термокомпенсации была равна нулю.

Изменение температуры окружающей среды приведет к изменению фоточувствительности приемника излучения 7, которое проявится в изменении величин, амплитуды сигналов как опорного, так и измерительного каналов. Уровень напряжения на входе формирователя 9 изменится и на его выходе появится некоторый разностный сигнал, величина которого определяется величиной изменения напряжения на входе и величиной коэффициента усиления дифференциального усилителя, на основе которого построен формирователь. Величина коэффициента усиления дифференциального усилителя определяется при разработке газоанализатора путем исследования температурной зависимости фоточувствительности приемника излучения 7 на длинах волн опорного и измерительного каналов.

В предлагаемом оптическом газоанализаторе температурные зависимости фоточувствительности приемника излучения 7 с достаточной степенью точности могли быть представлены в виде линейных функций. Диапазон изменения температуры приемной площадки составляет величину всего несколько градусов, так как приемник излучения 7 термостатирован.

В общем случае, при большем диапазоне изменения температуры приемной площадки приемника излучения 7 температурная зависимость фоточувствительности приемника излучения может быть более сложной функцией. Тогда формирователь 9 сигнала термокомпенсации представляет собой функциональный преобразователь, собранный по более сложной схеме.

Сигнал термокомпенсации с выхода формирователя 9 поступает на вход сумматора 14, на вход которого поступает сигнал измерительного канала, который необходимо скорректировать. С выхода сумматора 14 откорректированный измерительный сигнал поступает на измерительный вход блока 15 обработки информации, на опорном входе которого присутствует постоянное напряжение, пропорциональное амплитуде сигнала на выходе приемника излучения на опорной длине волны.

В блоке 15 осуществляется обработка измерительной информации, например по закону Бугера – Ламберта – Бера, функциональное преобразование с целью осуществления линеаризации выходного сигнала.

Для этого в блоке обработка информации 15 напряжение от опорного канала преобразуется во времени в виде спадающего экспоненциального импульса [29-32].

$$U_{\lambda_2} = U_{0\lambda_2} e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad (4)$$

где: t – текущее время; τ – постоянная времени экспоненциального импульса.
Тогда напряжение соответствующего опорного потока излучений определяется как:

$$U_{\lambda_2} = U_{0\lambda_2} e^{-\frac{t}{\tau}} e^{-k_1 N_1 L} \quad (5)$$

В блоке обработки информации 15 производится сравнение напряжений от опорного и измерительного канала.

При этом учитывая, что в течение периода экспоненциального импульса напряжение от измерительного канала остается постоянными. По этому для момента сравнении t_{cp} экспоненциального импульса и напряжение от измерительного канала можно написать [33-34]:

$$U_{0\lambda_2} e^{-\frac{t_{cp}}{\tau}} e^{-k_1 N_1 L} = U_{0\lambda_1} e^{-k_1 N_1 L} \cdot e^{-k_2 N_2 L} \quad (6)$$

Если выбирать светофильтры 2 и 4 с одинаковыми коэффициентами пропускание в заданном спектральном диапазоне то имеем $U_{0\lambda_2} = U_{0\lambda_1}$.

Тогда решение уравнение (6) дает выражение:

$$N_2 = ct_{cp} \quad (7)$$

где: $c = \frac{1}{\tau k_2 L}$ - постоянная величина.

Из выражений (7) видно что концентрация измеряемого газового компонента газовой смеси пропорционально к моменту сравнении сигналов от опорного и измерительного канала t_{cp}.

Согласно с вышеизложенного на выходе блока 15 обработки информации формируется прямоугольный импульс длительность которого пропорционально к концентрацию измеряемого газового компонента газовой смеси и измеряется измерителем временных интервалов 16.

При этом блок обработки информации 15 в отличие состоит из компаратора и генератора экспоненциальной функции который синхронно запускается от сигнала опорного канала причем амплитуды экспоненциального импульса устанавливается амплитудами сигнал опорного канала.

Согласно с применение данного оптического газоанализатора даёт возможность повышение температурной стабильности показаний газоанализатора за счет исключения влияния на показания различия в ходе температурных зависимостей фоточувствительности приемника излучения на разных длинах волн.

Список литературы

1. Козинцев В.И. и др. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 527 с.

2. Бреслер П.И. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение. Л.: Энергия, 1980. – 164 с.

3. Лигер В.В., Большов М.А., Курицин Ю.А. и др. Метод двухволнового дифференциального поглощения для определения параметров конденсированных сред. – М.: «Оптика и спектроскопия» т. 99, вып. 4, 2005.-стр. 693 – 704.

4. Мамасадиков Ю., Мамасадикова З. Ю. Оптоэлектронное устройство для дистанционного контроля концентрации углеводородов в воздухе //НТЖ ФерПИ. – 2020. – Т. 24. – №. 6. – с. 231-236.

5. Mamasadikova Z. Y. Optoelectronic devices for controlling the concentration of hydrocarbons in air with exponential scan //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – Т. 10. – №. 11. – с. 1328-1333. DOI: 10.5958/2249-7137.2020.01403.2

6. Mamasodikov Y., Qipchaqova G. M. Optical and radiation techniques operational control of the cocoon and their evaluation //Academicia: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – Т. 10. – №. 5. – с. 1581-1590.

7. Mamasadikov Y., Mamasadikova Z. Y. Optoelectronic device for remote control of hydrocarbon concentration in air //Scientific-technical journal. – 2020. – Т. 3. – №. 6. – с. 3-7.

8. Мамасадиков Ю., Мамасадикова З. Ю. Разработка принципиальной схемы оптоэлектронного устройства для контроля концентрации углеводородов в воздухе //Universum: технические науки. – 2021. – №. 11-2 (92). – с. 42-45.

9. Мамасадиков Ю., Мамасадикова З. Ю. Оптоэлектронное устройство для контроля концентрации углеводородов в воздухе на полупроводниковых излучающих диодах //Universum: технические науки. – 2021. – №. 10-1 (91). – с. 87-91.

10. Мамасадиков Ю., Алихонов Э.Ж. Оптоэлектронное устройство для контроля линейной плотности хлопковых лент с функциональной разветкой // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 10(91). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12426 (дата обращения: 31.05.2022).

11. Мамасадиков Ю., Алихонов Э. Ж. Фотоэлектрические методы для автоматического контроля линейной плотности хлопковые ленты //НТЖ ФерПИ. – 2020. – с. 80-85.

12. Yusupjon, M., Jamoldinovich, A. E. Photoelectric methods for automatic linear density control cotton tapes. // International Journal For Innovative Engineering and Management Research. Vol. 09, Issue 12, Pages: 82-87 DOI: 10.48047/IJIEMR/V09/I12/15

13. Mamasadikov Y. Principal schema of optoelectronic device for monitoring the concentration hydrocarbons in air with exponential scan //Scientific-technical journal. – 2022. – Т. 5. – №. 1. – с. 21-24.

14. Mamasadikov Y., Mamasadikova Z. Y. Cotton Moisture Control Device //Central asian journal of theoretical & Applied sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – с. 265-270.

15. Mamasadikov Y., Mamasadikova Z. Y. Optoelectronic Device for Control of Concentration of Gaseous Substances //Central asian journal of theoretical & Applied sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – с. 260-264.

16. Кулдашов О. Х., Кулдашов Г. О., Мамасодикова З. Ю. Оптоэлектронный двухволновой метод дистанционного контроля влажности растительного волокна //Вестник Московского

государственного технического университета им. НЭ Баумана. Серия «Приборостроение». – 2019. – №. 4 (127). – с. 84-96.

17. Кулдашов О. Х., Кулдашов Г. О., Мамасодикова З. Ю. Инфракрасный датчик для дистанционного контроля влажности хлопка-сырца //Оптический журнал. – 2019. – Т. 86. – №. 6. – с. 77-80.
18. Kuldashov O. K., Kuldashov G. O., Mamasodikova Z. Y. Infrared sensor for remote monitoring of moisture content in raw cotton //Journal of Optical Technology. – 2019. – Т. 86. – №. 6. – с. 390-393.
19. Мамасодикова Н. Ю. Разработка алгоритма аналитического контроля технологических параметров динамических объектов //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2019. – Т. 9. – №. 4. – с. 153-162.
20. Мамасодикова Н. Ю., Мирзаахмедова Х. Б. Система аналитического контроля параметров технологических агрегатов нефтехимических производств //Наука. Образование. Техника. – 2020. – №. 1. – с. 15-22.
21. Ergashev S. F., Kuldashov O. K., Mamasodikova U. Y. Optoelectronic device for remote temperature monitoring of the components of solar engineering facilities //Applied Solar Energy. – 2007. – Т. 43. – №. 2. – с. 68.
22. Кипчакова Г. М., Мирзаев С. А. Определение дефектов поверхности текстильных изделий //Universum: технические науки. – 2021. – №. 10-1 (91). – с. 83-86.
23. Кодиров Д. Т., Кодирова Ф. М. Алгоритмы совместного оценивания вектора состояния и параметров динамических систем //Universum: технические науки. – 2021. – №. 7-1 (88). – с. 66-68.
24. Kodirov D. T. et al. Algorithms For Stable Estimation Of The Extended State Vector Of Controlled Objects //Solid State Technology. – 2020. – Т. 63. – №. 6. – с. 14903-14909.
25. Тожибоев А. К., Боймирзаев А. Р. Исследование использования энергосберегающих инверторов в комбинированных источниках энергии //Экономика и социум. – 2020. – №. 12. – с. 230-235.
26. Boymirzaev A. R. Optoelectronic two-wave gas analyzer //Innovative Technologica: Methodical Research Journal. – 2021. – Т. 2. – №. 12. – с. 127-132.
27. Alikhonov E. J. Determination of linear density of cotton ribbons by photoelectric method //Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – с. 461-467.
28. Rustamov U. S. et al. Farg‘ona viloyati aholisini elektr energiyasi tanqisligini bartaraf etishda Mikro-GESlardan foydalanish //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 10. – с. 603-610.
29. Алихонов Э. Ж. Определение линейной плотности хлопковые ленты фотоэлектрическим методом //Universum: технические науки. – 2021. – №. 11-2 (92). – с. 35-38.

30. Xakimov, D.V., Isroilova, S. X., Alikhanov, E.J., Zayliddinov, T.A., & Ergasheva, G.E. (2020). Product Quality Control at Engineering Enterprises. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 7, Issue 2, February 2020, 12843-12848
31. Йулдашев Х. Т. и др. Исследование процессов токового усиления в системе полупроводник-газоразрядный промежуток //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – Т. 1. – №. 10. – С. 114-123.
32. Yuldashev K. T. et al. EJ Alikhanov The study of Stability Combustion of the Gas Discharge in Sub-micron Gas-filled Cell with Semiconductor Electrode //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Т. 6. – №. 11. – С. 11907-11911.
33. Мамасадиков Ю. М. Оптоэлектронный двухволновый метод для дистанционного газового анализа //Современные технологии в нефтегазовом деле-2018. – 2018. – с. 158-160.
34. Mamasodiqov Y., Turg'unov B. A. Research of natural bases appearance of channels illegal leak information in fiber optical communication systems //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 22. – №. 1. – с. 73-78.